

Плетнев В.Ю.

РАЗРАБОТКА ИНДИКАТОРА НАПРЯЖЁННОСТИ ПОЛЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ИЗЛУЧЕНИЯ ЛИНИИ ПЕРЕДАЧИ ЭНЕРГИИ ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ И СТАЦИОНАРНЫХ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРИВЯЗНЫХ ВЫСОТНЫХ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ ПЛАТФОРМ

Аннотация. Данная работа представляет собой обзор разработки и исследования устройства для оценки электромагнитного излучения линии передачи энергии для мобильных и стационарных многофункциональных привязных высотных телекоммуникационных платформ.

Ключевые слова: напряжённость электрического поля, супергетеродинная схема, линия передачи энергии, чувствительность.

Abstract. This project presents an overview of development and research the device for evaluation of electromagnetic radiation from energy feeding line for mobile and stationary multifunctional tethered high-altitude telecommunication platforms.

Keywords: the electric field, the super heterodyne circuit, transmission line energy sensitivity.

Введение

Обширные зоны покрытия территории нашего государства мобильной и Интернет связи заставили нас выполнять множество функций в электронном виде от IT-аудиторских возможностей для различных фирм до потребительских запросов таких, как геолокация, связь с экстренными службами и др. А что произойдет, если один из главных звеньев по передаче мобильного сигнала (базовая станция, например) выйдет из строя? На помощь приходят мобильные и стационарные многофункциональные привязные высотные телекоммуникационные платформы длительного использования, которые уже разрабатываются в Российской Федерации.

Для создания такой телекоммуникационной системы необходимо преодолеть десятки, а может быть и сотни этапов проектирования. Все эти этапы имеют огромную значимость в данном проекте. Например, этап разработки архитектуры наземного комплекса управления и соединительного кабель-троса высотной платформы обеспечит высокоскоростную передачу мультимедийной информации по оптоволоконному каналу и передачу энергии большой мощности с земли на борт. Этап расчета характеристик и выбор параметров бесколлекторных электродвигателей систем и архитектуры в целом высотного винтокрылого модуля обеспечит подъём и удержание

телекоммуникационной платформы на заданной высоте в течение длительного времени функционирования. [1]

Ещё один очень важный этап проектирования заключается в оценки электромагнитного излучения линии передачи энергии. Именно этот этап проектирования будет рассматриваться в рамках данной работы.

Характеристики и структурная схема системы питания платформы

Электромагнитное излучение непосредственно влияет на электронную аппаратуру (может вывести её из строя или привести к тому, чтобы она работала некорректно). В условиях работы привязной высотной телекоммуникационной платформы это влияние необходимо учесть, как на другие приборы внутри самой системы, так и на объекты за её пределами.

Изначально предполагается, что частота питающего напряжения соединительного кабель-троса высотной платформы будет примерно 102 кГц, а это значит, что она лежит в диапазоне низких радиочастот и имеет длину волны около 3 километров. Такое излучение формируется непосредственно у своего источника и распространяется в окружающее пространство, что может вызвать отказ работы других систем.

В качестве модель данной линии была выбрана модель однофазной двухпроводной линии, в которой текут встречные токи, и поэтому, возможно, их поля частично компенсируют друг друга. Это означает, что мощность помех, исходящих от данной линии, небольшая. Вследствие чего, требуемая чувствительность индикатора должна быть высокой. Отсюда следует, что описанные в литературе устройства напряжённости поля не подойдут для использования, потому что у них слишком малая чувствительность.

Для начала необходимо разобрать входные характеристики системы, которая будет подвергаться оценки. В ходе проектирования телекоммуникационной платформы предполагается, что необходимо создание удалённой системы передачи энергии мощностью в перспективе до 2 кВт (значение мощности для всей аппаратуры) по медным проводам малого сечения с земли на борт для питания электродвигателей и аппаратуры. Характеристики данной линии передачи энергии:

- напряжение бортовой сети аппаратуры равно 24 В постоянного тока;
- напряжение питания в линии передачи энергии равно 2 кВ;
- сила тока питания в линии передачи энергии равна 15А;
- частота напряжения питания в линии передачи энергии равна примерно 102 кГц;

Для создания индикатора оценки напряжённости электромагнитного излучения необходимо рассмотреть структурную схему являющейся источником излучения системы питания платформы (Рис. 1).

Проектирование мобильной и стационарной многофункциональной привязной высотной платформы предполагает необходимость создания удалённой системы передачи высокочастотного переменного сигнала большой мощности в виде однофазной двухпроводной системы с земли на борт для питания электродвигателей и аппаратуры. В наземной части системы напряжение питающей сети (обычно частоты 50 Гц) выпрямляют для питания преобразователя DC/AC, который, в свою очередь, преобразует выпрямленное напряжение в высокочастотное с большим напряжением, поступающее в линию. На борту в преобразователе AC/DC с помощью трансформатора поступившее переменное напряжение понижается до уровня питания аппаратуры на БПЛА и выпрямляется. Для достижения высокой мощности специалистами были рассчитаны и заданы примерные характеристики линии передачи энергии для телекоммуникационной платформы.

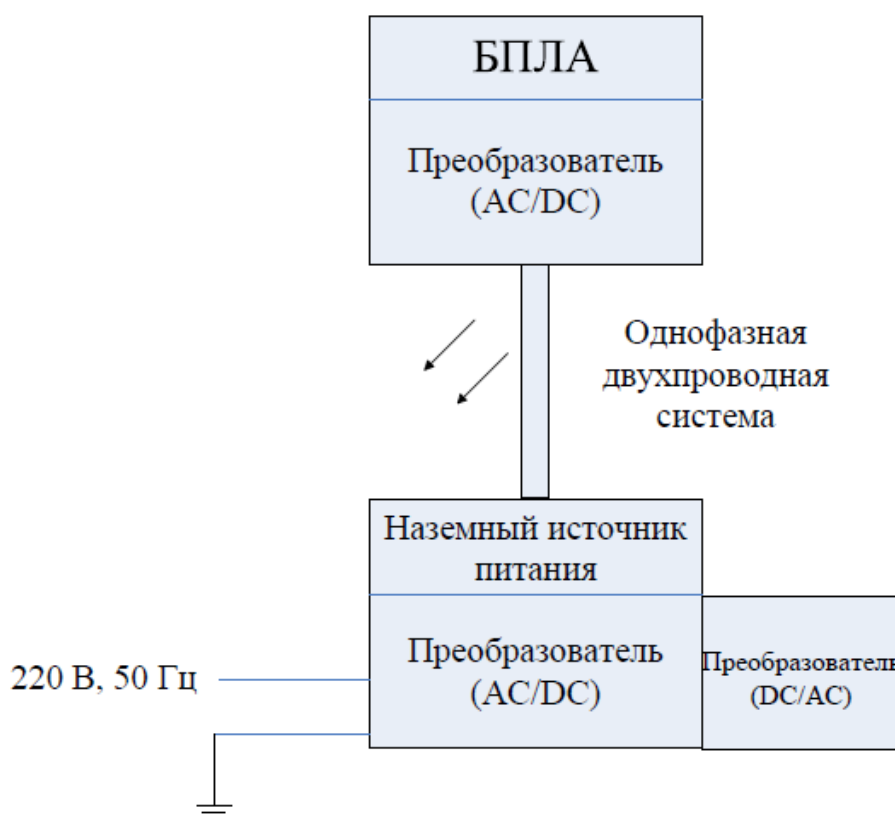


Рисунок 1 – Структурная схема системы питания платформы

Функциональная схема и описание основных узлов устройства

На основе анализа схем, уже имеющихся индикаторов напряжённости поля, была выбрана примерная схема индикатора, основанная на супергетеродинной схеме на заданную частоту примерную частоту 95 – 102 кГц. В данную структуру, взятую в печатном источнике, автором был добавлен ещё один элемент – указатель.

Примерная схема индикатора радиоизлучения, выполненного по супергетеродинной схеме, представлена на Рисунке 2.



Рисунок 2 – Функциональная схема устройства оценки электромагнитного излучения [2]

Рассмотрим выбор основных узлов индикатора.

МА – магнитная антенна. Вид поляризации электромагнитных волн электронной установки заранее неизвестен, именно поэтому был выбран данный элемент. Магнитная антенна позволяет легко изменять направление приема, чтобы регистрировать электромагнитные излучение любого вида поляризации.

УРЧ – усилитель радиочастот включен после входного контура приемника. В индикаторе радиоизлучения он нужен для усиления принимаемых сигналов на несущей частоте, необходимого для увеличения реальной чувствительности радиоприемного устройства за счет увеличения отношения мощности полезного сигнала к мощности шумов; обеспечение избирательности радиоприемника к сильным помехам, вызывающим нелинейные эффекты, избирательность по побочным каналам приема, таким, как зеркальный канал и канал на промежуточной частоте; ослабление паразитного излучения гетеродина через входную цепь и антенну. [3] Для улучшения перечисленных характеристик предполагается ввести в УРЧ положительную обратную связь (регенерацию).

Гетеродин. Гетеродин создаёт колебания фиксированной вспомогательной частоты, которые в блоке смесителя смешиваются с поступающими извне колебаниями высокой частоты. В результате смешения двух частот, входной и гетеродина, образуются ещё две частоты (суммарная и разностная). Разностная частота в выбранной структуре индикатора используется как промежуточная частота, на которой происходит основное усиление сигнала. Далее сигнал из смесителя поступает в усилитель промежуточной частоты.

Смеситель. Электрическая схема, создающая комбинацию разных частот, поступающих от разных источников. Для данного индикатора необходим смеситель, чтобы суммировать сигнал усилителя радиочастот и сигнал гетеродина.

УПЧ – усилитель промежуточной частоты, предназначенный для усиления выходного сигнала смесителя до величины, при которой будет обеспечиваться оптимальная работа детектора.

Указатель или детектор. Необходим для оценки порогового уровня радиоизлучения, обнаруживаемого индикатором.

Измерение чувствительности устройства и оценка электромагнитного излучения линии передачи энергии макетным образцом

После сборки и тестирования макетного образца устройства на заданную частоту, необходимо измерить его чувствительность (значение напряжённости электрического поля, при котором индикатор срабатывает – ярко вспыхивает светодиод на выходе приемника). Для этого нам понадобился генератор сигнала заданной частоты, проволочная рамка и добавочный резистор 51 Ом. При коэффициенте преобразования напряжения генератора в напряженность поля, равном 0,1, можно применить небольшую излучающую рамку площадью 0,085 м² – это соответствует квадратной рамке со стороной 291 мм.

Эксперимент показал, что индикатор срабатывает при подаче от генератора напряжения 1,1 В, тогда в соответствии со сказанным выше, чувствительность равна

$$E = 1.1B * 0.1m^{-1} = 0.11 \frac{B}{m}$$

Это означает, что чувствительность или напряжённость электрического поля устройства оценки электромагнитного излучения линии передачи энергии равна 0,11 В/м. В данной схеме устройства предусмотрен элемент индикации – светодиод. Если напряжённость поля от линии передачи энергии будет меньше, чем 0,11 В/м, светодиод не сработает, а если больше – загорится красным цветом.

Заключение

В данной работе было исследовано и разработано устройство – индикатор напряжённости поля с пороговым значением 0,11 В/м с заданной частотой около 102 кГц, что соответствует частоте питающего напряжения в линии передачи энергии. Согласно постановкам цели, для их реализации были выполнены все задачи. Основные выводы работы:

- Разработано и исследовано устройство индикации напряженности поля излучения высокочастотной силовой линии.
- Измеренная чувствительность разработанного устройства достаточна для оценки соответствия напряжённости поля вблизи линии передачи энергии стандартам и ГОСТу.
- В разработанном устройстве предусмотрены возможности изменения настроек для оценки характеристик линий передачи энергии с параметрами, отличающимися от заданных в работе.

Библиографический список

1. Vishnevsky V. M. Broadband wireless regional networks based on high-altitude platforms / V. M. Vishnevsky // 8-й международный семинар «Электронные ресурсы и международный информационный обмен : Восток – Запад» : тр. семинара : в 2 т. / гл. ред. Я. Л. Шрайберг. – Нью-Хэвен : Презентации, 2006. – Т. 2. – С. 61–66.
2. Фомин Н. Н. Радиоприемные устройства : учеб. для вузов / Н. Н. Фомин, Н. Н. Буга, О. В. Головин. – Москва : Горячая линия, 2007. – 520 с.
3. Усилители радиочастот [Электронный ресурс] : урок 6. – Режим доступа: http://mart7157.narod.ru/voise_6.html.
4. Алхимов Д. Измерение чувствительности радиоприемников с магнитной антенной [Электронный ресурс] / Д. Алхимов // RadioRadar.net. – Режим доступа: http://www.radioradar.net/radiofan/antenns/measurement_sensitivity_radio_receivers_magnetic_ant.html.